

令和 5 年 6 月 20 日現在

機関番号：32634

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2022

課題番号：19K20016

研究課題名（和文）歩行パラメーターと足底圧分布データの無次元量による標準歩行評価システムの開発

研究課題名（英文）Development of standard gait evaluation system by dimensionless quantity of gait parameters and plantar pressure distribution.

研究代表者

柏木 悠（Kashiwagi, Yu）

専修大学・商学部・准教授

研究者番号：30738638

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、歩行中の時空間パラメーター、アーチ構造および足底圧分布データを取得し、無次元量で表現された時空間パラメーターと足底圧分布の関係から成長に伴う歩行の変化と歩行の質の評価を試みることを目的とした。被験者は男女児童及び生徒944名を対象とした。歩行中の足底圧分布、動作を計測し、発育を考慮した歩行動作の評価を行なった。その結果、発育に伴う足底圧分布パターンは、後足部、前足部の3部位での圧力の変化がみられた。足圧中心の移動速度は内側縦アーチ構造の発育には影響しなかった。歩行中の補正された時空間パラメーターは年齢間の差が見られなかったことから、4歳で既に成人の歩行を獲得していることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

歩行中の普遍的な足底圧分布パターンを確立することは、運動実践指導やトレーナーの所見だけでなく、ある一定の基準に沿った歩行評価のエビデンスが明らかになる。そのために歩行速度、時空間パラメーターを無次元量によって評価し、更に足底圧分布変数を合わせて分析することにより新たな評価方法が確立できる可能性がある。普遍的な足底圧分布パターンの定量化から平均値から個人のデータがどれくらい離れているのか、またどのようになれば歩容が変えられるのか、具体的な目標値を設置することを可能にすると考えられ、本研究の結果は医療やリハビリテーションなど治療のための新たな歩行評価の可能性が期待される。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to obtain spatiotemporal parameters, arch structure, and plantar pressure distribution data during gait, and to attempt to evaluate changes in gait and quality of gait with growth based on the relationship between spatiotemporal parameters expressed as dimensionless quantities and plantar pressure distribution. The subjects were 944 male and female children and students. Plantar pressure distribution and movement during walking were measured, and walking behavior was evaluated in consideration of development. As a result, the plantar pressure distribution pattern with developmental progression showed changes in pressure at three sub-area in the hindfoot and forefoot regions. The velocity of the center of foot pressure did not affect the development of the medial longitudinal arch structure. The corrected spatiotemporal parameters during gait did not differ between ages, suggesting that the children had already acquired an adult gait at the age of 4 years.

研究分野：スポーツバイオメカニクス

キーワード：歩行 足底圧分布 発育発達 アーチ

1. 研究開始当初の背景

2020年東京オリンピック・パラリンピックの開催やスポーツ庁の政策によって国民の健康・スポーツへの興味関心は高まってきた。特にこの20年で年齢60歳以上の週1回以上のウォーキング実施率は、2倍の32.5%に上昇し、手軽に始められるウォーキングは現代社会の健康問題解決の糸口となると考えられる。しかし、歩行動作は、日常生活に欠かせないヒトの基本的な運動でありながら、「正常な歩行、正しい歩き方」といった明確な指標が存在していなかった。どのような指標によって歩行動作を評価することは学術的に興味深く意義があり、そして何より健康のための運動する実施者において価値がある。

これまでの歩行動作の評価には、動作の分析が用いられてきたが、専門的な機材や環境を必要とし、多くの能力が必要とされてきた。一方で動作分析とは異なるアプローチとして、歩行中の足底圧分布計測を用いて歩行動作の評価が行われてきた。その理由の一つに足底部位は常に身体と地面間の力伝搬(力や圧力変化)のインターフェースの役割を担っている唯一の身体部位であり、従って、足底の圧力変化の情報は、ヒトの動きの仕組みを理解するために重要な情報となる。そのため、足底圧分布は、医療・リハビリテーションなど臨床現場において医師や理学療法士が患者へ足底部位毎に圧力の変化を視覚的に示すことにより、患者自身が感じる「足裏感覚」を通して動きの改善や指導、教育のためのフィードバックに有効な方法と考えられている(Orlin and McPoiil, 2000)。しかし、その反面、判断基準となる標準的なデータが確立されていないのが現状であり、臨床現場においては、主観的な定性評価に留まっている現状である。歩行中の足底圧分布データを標準的に捉えられない問題の1つ目は、歩行速度にある。歩行速度によって圧力値は影響される。歩行速度を制限すると被験者の自然な動作が損なわれるため、多くの研究では個人の至適速度で検討が行われている。しかし、歩行速度は、ステップ長とステップ頻度で構成され、更に発育発達、加齢、形態(身長・体重)や体力レベルにも影響されるため、これらの影響を考慮しなければならない。2つ目の問題は、圧力値である。圧力の単位は、単位面積あたりの力で示されるが、同じ速度で歩いた場合、子どもと大人では相対的に同じ負荷が足底に加わっているのが疑問であり、これまでの研究では全く議論されていない。従って、本研究における一番の未解決な点は、歩行速度、時空間パラメーターを無次元量として捉えた足底圧分布データの定量化である。多くの研究では、歩行中の足底圧分布データの個人差は考慮されていない。これらの検討は、子どもから高齢者までの歩行中の足底圧の変化を発育発達、加齢、形態(身長・体重)など体力レベルに影響されない歩行の普遍的な足底圧分布パターンを明らかにすることが新たな試みである。簡易的にウェアラブル端末によって動作を計測できる時代になったが、「動きの質」を評価する指標は確立されていない。一般的に手軽に使用できる動作の指標を確立することは運動継続につながり、体育・スポーツ科学から明るく健康的な超高齢化社会の発展に貢献できると考え本研究の着想に至った。

2. 研究の目的

本研究は、歩行中の時空間パラメーター、アーチ構造および足底圧分布データを取得し、無次元量で表現された時空間パラメーターと足底圧分布の関係から成長に伴う歩行の変化と歩行の質の評価を試みることを目的とした。

3. 研究の方法

被験者は幼稚園から中学校までの男女児童及び生徒944名を対象とし、年齢ごとに群分けを行った。参加者および保護者には、あらかじめ本研究の趣旨、内容及び安全性に関する説明を行い、書面により参加の同意を得た。本研究は専修大学スポーツ研究所の倫理審査委員会の承諾を得て実施された。

(1) 発育に伴う歩行中の足底圧分布及びCOP移動速度の変化

本研究では被験者の足底圧分析のために足底圧分析装置 Novel-emed-x1 (Novel-GmbH®社製, Germany, 以下 Novel) を用いた。センサー分解能は4センサー/cm² (0.25cm²) であり、測定範囲の中に25,344のセンサーが配列されている。サンプリング周波数は100Hzで行った。被験者には Novel が埋設された歩行路上を、普段自身が歩く際の速度で通過するように指示を行った。成功試技としては、視線が下を向いたり、Novel の測定範囲に歩幅を合わせたりせずに歩行を行い、1試技内で左右足が一步ずつ計測されるまで試技を行った。10ms 毎に計測された接地面積 (cm²)、足底荷重 (N)、足底圧力 (kPa) の時系列データを取得した。被験者間の体重の影響を考慮し、検出された値は体重 (kg) で除して正規化を行った。計測された足底圧データは、Novel Scientific Medical Software (Novel-GmbH®社製, Germany) の Auto Mask を用いて7分割した。後足部は足長の27%、中足部は28%、前足部は足長の45%で分割した。つま先領域は、前足部領域からソフトウェアの自動解析により分割した。中足部は足部最後部から第2趾までを結ぶ軸によって2つに分割された。前足部は、拇指、第二指及び第三指から第五指の位置を圧分布から検出し、内側、中間、外側領域の3領域に分割した。各局面は被験者の接地時間を用いて%接

地時間とし、割合を検討した。COP 移動速度は 10ms 毎に計測した COP 座標の変位を経過時間で割ることで求められた。Novel Scientific Medical Software の Velocity of the COP を用いて解析を行い、COP 移動速度の時系列データは、各被験者の接地時間で正規化を行った。COP 移動速度は立脚期中の局面ごとの平均速度として検討を行った。

(2) 発育に伴う歩行中の足部内側縦アーチの変化

立脚期中の足部キネマティクスデータの解析は、動作分析システム(Frame-DIAS V, DKH 社製)を用いて行った。デジタルビデオカメラで撮影した動作は、手動デジタイズで得られた画像上の座標値から 2 次元 DLT 法を用いて被験者のランドマークの位置座標を算出した。画像解析から得られた位置座標データは、残差分析法を用いて最適遮断周波数(4Hz)を決定した後、バターワースローパスフィルターで平滑化した。本研究では立脚期中の足部キネマティクスデータを取得するために 2 台のデジタルビデオカメラ(GC-LJ20B, JVC KENWOOD 社製)を用い、カメラ 1 では Novel の 0-800mm の範囲、カメラ 2 では 800-1500mm の範囲を撮影速度 240fps で被験者の左側方から撮影した。Novel のスタートシグナルを LED ライトに入力し、Novel と 2 台のカメラの同期を行った。被験者には、解剖学的計測点に基づき右足部にランドマークを 3 点貼付した。ランドマークの貼付位置は、第一中足骨頭、舟状骨、踵骨内足部とした。立脚期中の足部キネマティクスデータは、解剖学的計測点に基づき、第一中足骨頭、舟状骨および踵骨内足部のなす角度として MLA 角度、舟状骨から第一中足骨頭と踵骨内側部の二分線までの垂直距離を MLA 高、第一中足骨頭から踵骨内側部までの距離を MLA 長と定義した。足部キネマティクスデータは、踵接地時のデータを基準にして、立脚期中の変化量()を求めた。被験者間の足長の影響を考慮し、MLA 高および MLA 長の検出された値は足長(mm)で除して正規化を行った。算出式は以下の通りである。

足部キネマティクスデータ = 踵接地時のデータ - 立脚期中のデータ

$$\text{MLA 高/足長 (\%)} = \text{MLA 高(mm)} / \text{足長(mm)} \times 100$$

$$\text{MLA 長/足長 (\%)} = \text{MLA 長(mm)} / \text{足長(mm)} \times 100$$

また、足部キネマティクスデータは、立脚期中の最高値として Peak MLA 角度および Peak MLA 長、立脚期中の最低値として Peak MLA 高を学年ごとの平均値から算出し、立脚期中の MLA Peak 値と定義した。

(3) 発育に伴う歩行動作中の時空間変数の変化

Novel の上を通過する際に立脚時間(ms)、ステップ長(m)、ステップ時間(sec)、ステップ頻度(steps/sec)、歩行速度(m/sec)が取得された。立脚時間は、センサーが片足の圧力を感知し始めた時刻から、感知し終わる時刻までの時間であった。ステップ距離は 1 歩目の足の最後部のセンサーから 2 歩目の足の最後部センサーまでの距離であった。歩調はステップ時間で 1 秒間(1000ms)を割ることで求め、歩行速度は歩調の値にステップ距離をかけることで求められた。算出式は以下の通りである。

$$\text{ステップ頻度 (steps/sec)} = 1000\text{ms} / \text{ステップ時間 (ms)}$$

$$\text{歩行速度 (m/sec)} = \text{ステップ頻度 (steps/sec)} \times \text{ステップ長 (m)}$$

計測されたステップ長、ステップ頻度、歩行速度は Hof(1996)の式を用いて無次元化を行い検討した。

$$L = l/l_0$$

$$f^{\wedge} = f / g/l_0$$

$$v^{\wedge} = v / g/l_0$$

ここで L は、補正ステップ距離を示し、l はステップ長、l₀ は、身長を示す。f[^] は、補正ステップ頻度、f は、ステップ頻度、g は重力加速度を示す。v[^] は、補正歩行速度、v は歩行速度、g は重力加速度、l₀ は、身長を示す。

4. 研究成果

(1) 発育に伴う歩行中の足底圧分布及び足底部 COP 移動速度の変化

4 歳から 15 歳までの足底圧力においては、後足部、前足部 3 領域及びつま先で統計的有意な増加が示された(前足部内側: 4 歳 65.2kPa, 15 歳 89.3kPa, p<0.05)。中足部内側及び外側の足底圧力の値は、値自体に若干の増加傾向がみられたが、統計的有意差はみられなかった(中足部内側: 4 歳 44.9kPa, 14 歳 51.4kPa)。足底圧力は、足部領域ごとの負荷の分布を示しており、通常、身体サイズの増大に伴い足底圧力は、大きくなった。しかし、中足部で検出される値は発育を通じて一定であり、子どもの足部で発育に伴う特徴であると考えられた。また、足底荷重と同様に中足部でのみられる特徴であることから、足部アーチの発達が関連していると考えられた。

荷重応答期及び立脚終期での足底 COP 移動速度は、低年齢群よりも上の年齢群が有意に高い値を示し ($p < 0.05$), 移動速度が速いことが示された。一方で立脚中期での足底 COP 移動速度には有意差がみられなかった。子どもの歩行速度は発育に伴い増加し、そのため荷重応答期及び立脚終期での足底 COP 移動速度の増加は妥当であると考えられる。しかし、立脚中期での COP 移動速度は発育を通じて変わらないと相反する結果が示された。これは、%立脚中期が関係していると考えられる。COP は足底圧分布により割り出さ、分布が高い方向へ進行していく。低年齢の群は相対的に立脚中期が短いことから踵離地のタイミングが速いことが示されている。このため前足部への足底圧分布が早まり、COP 移動速度が歩行速度の速い年齢群と変わらない速度を示すことが推察される。したがって、今回の結果は足部機能を反映しているかもしれない Bulte et al (2018) は足部姿勢の異なる 3 群間 (通常足, 扁平足, 凹足) の同一歩行速度での歩行中の COP 移動速度を比較し、立脚中期にて扁平足は凹足よりも速いことを明らかにし、足部形態の違いによって COP 移動速度に違いが出ることを報告している。扁平足は通常足や凹足と比べ足部アーチが低下しているために、歩行中に十分な足部機能が発揮されない。足部アーチが機能している場合、立脚中期での足底圧力は後足部及び前足部へ分散される。そのため足部の前後に圧分布が起きることにより、COP が一時的に停滞する。その後の蹴り出し局面にて、足底腱膜が緊張し足部の剛性が高めることにより効率的に地面へ力が伝えられることで COP が一気に前方へ移動する。しかし足部アーチが十分に機能しない場合、中足部での足底圧力が高まり、COP は停滞せずに前足部に向けて移動を続ける。蹴り出しの際も、アーチの低下により足底腱膜が伸長しているために足部の剛性を高められず、推進力が低いため COP の移動が遅くなる。本研究の足底圧力の結果からも、6 歳までの低年齢群ではまだ足部機能が発達していない事が示されており、本結果とも関連性があると考えられる。これは成人ではみられない、子どもの発育段階にのみ観察される特徴であると考えられる。今後、子どもの COP 移動速度を検討することは、蹴り出しの際の内側縦アーチ機能を反映している可能性を示唆する。

(2) 発育に伴う足部内側縦アーチの歩行中の変化

立脚期中の MLA 角度および足長で正規化した MLA 高は、性別および学年間で統計的有意差はみられなかったが、各学年で立脚期後期に最大の变化量がみられた。MLA 長は、立脚期初期から立脚期後期まで伸長し、立脚期後期に急速に短縮する。この立脚期中の MLA 長の変化は、足部にかかる荷重を MLA の伸張により吸収および蓄積し、つま先蹴り出し時に MLA 長を短縮することで前方への推進力を生むアーチスプリングメカニズムにおいて遂行されている。また、MLA 高は、立脚期の初期から減少、つま先蹴り出し時に最小値を示し、その後急速に挙上する。一方で MLA 角度は、MLA 高の減少に伴い立脚期の初期から増加し、つま先蹴り出し時に最大値を示した。つま先蹴り出し時は足趾が背屈することで、足底腱膜が巻き上げられ、MLA 長が短縮し、アーチ高が挙上するウィンドラスメカニズムが働く。これにより、MLA の剛性が高まるとされている。したがって、立脚期中の MLA 構造は、立脚期初期から立脚期中期にかけて MLA 長が伸長すること

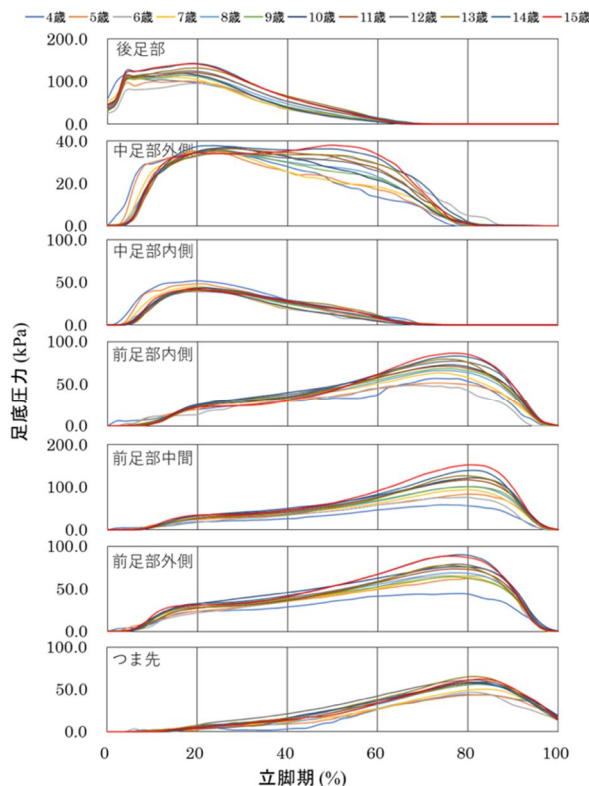


図 1 各年齢群の足底領域ごとの圧力時系列データ

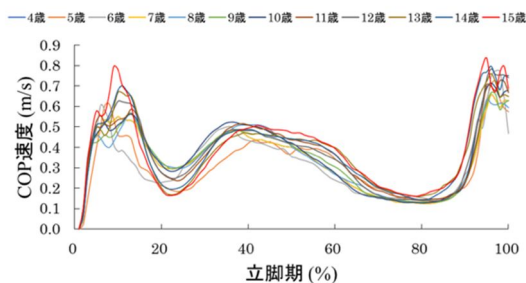


図 2 各年齢群の足底 COP 移動速度の時系列データ

表 1 年齢、性別における立脚期中の MLA の Peak 値の比較

Grade	n	Peak AMLA角度 (deg)			Peak AMLA高/足長 (%)			Peak AMLA長/足長 (%)		
		Mean	±	SD	Mean	±	SD	Mean	±	SD
全体	1	48	10.4	± 3.5	-4.2	± 1.7	2.2	± 1.2		
	2	34	8.8	± 3.0	-3.6	± 1.8	2.1	± 1.3		
	3	35	9.7	± 3.8	-4.1	± 2.1	1.9	± 0.9		
	4	40	8.8	± 3.3	-3.5	± 1.6	2.2	± 0.9		
	5	41	10.7	± 4.0	-4.1	± 1.9	2.3	± 0.9		
	6	49	9.8	± 3.1	-4.0	± 1.6	2.0	± 0.8		
男子	1	30	10.7	± 3.2	-4.4	± 1.7	2.2	± 1.0		
	2	13	8.6	± 3.6	-3.4	± 2.1	2.0	± 1.3		
	3	16	9.4	± 4.0	-3.7	± 2.0	1.9	± 0.9		
	4	20	8.0	± 3.3	-3.0	± 1.6	1.9	± 1.0		
	5	19	9.9	± 3.6	-4.1	± 1.8	2.2	± 1.0		
	6	28	10.3	± 3.1	-4.2	± 1.5	2.1	± 0.8		
女子	1	18	9.7	± 4.1	-4.0	± 1.9	2.3	± 1.2		
	2	21	9.3	± 2.7	-3.8	± 1.7	2.2	± 1.3		
	3	19	10.1	± 3.6	-4.4	± 2.1	1.9	± 0.8		
	4	20	10.2	± 2.9	-4.1	± 1.5	2.2	± 1.0		
	5	22	10.8	± 4.4	-4.0	± 2.0	2.2	± 0.8		
	6	21	9.2	± 3.1	-3.7	± 1.7	1.9	± 0.7		

したがって、立脚期中の MLA 構造は、立脚期初期から立脚期中期にかけて MLA 長が伸長すること

で弾性エネルギーを貯蔵、つま先蹴り出し時に足趾が背屈することで MLA 長を短縮し、MLA 高が拳上することで MLA の剛性が高まり、前方への推進力を得ていることが示唆された。この立脚期中の MLA の機能は、性別を問わず低学年の子供の頃から有していることが考えられ、立脚期中の MLA 構造の変化は、足長に依存しており、発育に伴い相対的に変化することが示唆された。

(3) 発育に伴う歩行動作中の時空間変数の変化

本研究では歩行中の時空間変数を計測し、発育に伴う身体サイズの影響を考慮しながら、歩容獲得の過程を明らかにすることであった。被験者の自己選択速度における歩行中に計測した立脚時間、ステップ長、ステップ時間、歩行速度は発育に伴う統計的有意な増加を示し、ステップ頻度は有意な減少を示すなど、先行研究が報告している発育発達における従来の傾向を支持した。しかし、身長が成長が続いているにもかかわらず、歩行時空間変数の変化は 13 歳前にはみられなくなった。その為、一定の身長まで発育を終えると、歩行時空間変数は頭打ちになることが示された。身体サイズの違いを考慮し、身長による無次元化を行ったステップ長、ステップ頻度、歩行速度の比較ではどの年齢間でも有意差がみられなかった。ステップ長、ステップ頻度はいずれも身体サイズの増大に伴い変化する。そのため身長を用いた無次元化によって発育の影響を除き、各年齢間の身体サイズに影響されない本来の歩容は、4 歳から 15 歳群まで発育を通じて有意差が無く、4 歳時点ですでに歩容を獲得していることが示唆された。

表 2 年齢間における補正歩行時空間変数の比較

Age	n	ステップ頻度 (無次元化)			ステップ長 (無次元化)			歩行速度 (無次元化)		
		Mean	±	SD	Mean	±	SD	Mean	±	SD
4	19	0.82	±	0.07	0.44	±	0.04	0.36	±	0.05
5	31	0.78	±	0.09	0.44	±	0.05	0.34	±	0.06
6	21	0.77	±	0.07	0.41	±	0.05 ^d	0.31	±	0.04
7	87	0.78	±	0.07	0.45	±	0.06 ⁱ	0.35	±	0.05
8	104	0.78	±	0.09	0.44	±	0.05	0.34	±	0.05
9	106	0.78	±	0.07	0.43	±	0.05	0.33	±	0.05
10	97	0.79	±	0.06	0.43	±	0.04	0.34	±	0.04
11	95	0.79	±	0.07	0.43	±	0.05	0.34	±	0.05
12	142	0.79	±	0.05	0.42	±	0.04	0.33	±	0.04
13	89	0.78	±	0.05	0.43	±	0.04	0.34	±	0.04
14	107	0.81	±	0.05	0.43	±	0.04	0.35	±	0.04
15	46	0.81	±	0.06	0.43	±	0.04	0.34	±	0.04

p<0.05, a: vs age4, b: vs age5, c: vs age6, d: vs age7, e: vs age8, f: vs age9, g: vs age10, h: vs age11, i: vs age12, j: vs age13, k: vs age14, l: vs age15

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Tomoya Hirano, Yu Kashiwagi, Seiji Shimatani, Naoya Tsunoda and Kazuo Funato	4. 巻 23
2. 論文標題 Ground reaction forces during the full driver shot of a Japanese male professional golfer : a case study	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 KOKUSHIKAN SOCIETY OF SPORT SCIENCE	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 藤戸靖則, 柏木悠, 平野智也, 古田なつみ, 相馬満利, 竹腰誠, 神和人, 船渡和男	4. 巻 35
2. 論文標題 10 km クロスカントリーローラースキー時における 心拍応答の遅延を考慮した生理学的運動強度の同定	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 トレーニング科学	6. 最初と最後の頁 203-213
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Mizutori Hisashi, Kashiwagi Yu, Hakamada Noriko, Tachibana Yasunori, Funato Kazuo	4. 巻 16
2. 論文標題 Kinematics and joints moments profile during straight arm press to handstand in male gymnasts	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 1-15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 SOMA Mari, KASHIWAGI Yu, FUNATO Kazuo	4. 巻 67
2. 論文標題 Relationship between body shape and performance in Japanese elite collegiate male swimmers: use of a 3-D homologous body model	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Taiikugaku kenkyu (Japan Journal of Physical Education, Health and Sport Sciences)	6. 最初と最後の頁 699 ~ 714
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5432/jjpehss.22010	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 富川理充, 平田大輔, 角田真紀子, 李ウヨン, 柏木悠, 齋藤実, 佐藤雅幸	4. 巻 45
2. 論文標題 新型コロナウイルス感染症拡大によりオンライン授業となった大学教養体育の教育効果	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 専修大学スポーツ研究所紀要	6. 最初と最後の頁 15-26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 柏木悠, 平野智也, 相馬満利, 藤戸靖則, 袴田智子, 船渡和男	4. 巻 44
2. 論文標題 パラアスリートにおける車いすエルゴメーターを用いた100mレースシミュレーション中の力発揮の両側性 対称性の特徴	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 専修大学スポーツ研究所紀要	6. 最初と最後の頁 11-22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 中瀬卓也, 柏木悠, 袴田智子, 畠田好章, 船渡和男	4. 巻 -
2. 論文標題 世界一線級体操競技者と日本人大学生競技者における前転とび前方かかえ込み2回宙返り(ローチェ)の 動作解析-踏み切り, 着手局面に焦点を充て-	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本体育大学紀要	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 竹腰 誠, 柏木 悠, 神 和人, 平野 智也, 藤戸 靖則, 相馬 満利, 石濱 慎司, 船渡 和男	4. 巻 -
2. 論文標題 大学アルペンスキー選手の体力値とFISポイントの関連性と有効性 世界一流アルペンスキー選手の体力 値からトレーニング目標値の検討	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本体育大学紀要	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 金子 憲一,山岸 道央,柏木 悠,船渡 和男	4. 巻 16
2. 論文標題 24 週間の筋力トレーニングが大学女子サッカー選手の スプリント,ジャンプ,アジリティ,スローイン,脚 伸展に及ぼす影響	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Football Science	6. 最初と最後の頁 16-26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kaneko Ken-ichi, Hirano Tomoya, Yamagishi Michio, Kashiwagi Yu, Hakamada Noriko, Tago Takahito, Funato Kazuo	4. 巻 16
2. 論文標題 Factors affecting the 180-degree change-of-direction speed in youth male soccer players	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 測定評価学会	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14859/hpm.16.1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山崎 由紀奈, 柏木 悠, 山岸 道央, 船渡 和男	4. 巻 18
2. 論文標題 ハムストリングスの筋長変化に伴う膝関節屈曲最大トルク及び筋放電量の変化	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 測定評価学会	6. 最初と最後の頁 47-58
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14859/jjtehp.18.47	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 金子憲一、平野智也、山岸道央、柏木悠、袴田智子、船渡和男	4. 巻 84
2. 論文標題 中学生および高校生男子サッカー選手の方向転換能力の発達特性	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 発育発達研究	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5332/hatsuhatsu.2019.84_1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 相馬 満利, 柏木 悠, 船渡 和男	4. 巻 23
2. 論文標題 体のかたちの定量化へ向けた相同モデルの可能性	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 バイオメカニクス研究	6. 最初と最後の頁 45-51
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 木内聖, 平野智也, 相馬満利, 藤戸靖則, 野澤巧, 榎屋剛, 尹鉉喆, 柏木悠, 船渡和男
2. 発表標題 小学校児童の発育における歩容および足部内側縦アーチ構造の変化
3. 学会等名 第12回東京体育学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木内聖, 平野智也, 相馬満利, 藤戸靖則, 野澤巧, 榎屋剛, 尹鉉喆, 柏木悠, 船渡和男
2. 発表標題 小学校児童における歩行中の足部アーチ構造の変化と地面反力の関係
3. 学会等名 第10回東京体育学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野澤巧, 平野智也, 藤戸靖則, 木内聖, 相馬満利, 柏木悠, 船渡和男
2. 発表標題 小学校児童における過体重が立位および歩行時の足部形状に及ぼす影響
3. 学会等名 第10回東京体育学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野澤巧, 平野智也, 藤戸靖則, 榎屋剛, ユンヒョンチョル, 相馬満利, 柏木悠, 船渡和男
2. 発表標題 発育に伴う歩行中の足底圧パターンの特徴
3. 学会等名 日本体育学会第70回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野澤巧, 平野智也, 藤戸靖則, 相馬満利, 柏木悠, 船渡和男
2. 発表標題 幼児から中学生までの発育に伴う歩行中の時間空間変数と足底圧分布の変化
3. 学会等名 第74回日本体力医学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kiuchi, A., Hirano, T., Soma, M., Fujito, Y., Nozawa, T., Enokiya, T., Yoon, H., Kashiwagi, Y., Funato, K.
2. 発表標題 Medial longitudinal arch deformation during gait in elementary school girls.
3. 学会等名 24th Annual Congress of the European College of Sport Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nozawa, T., Hirano, T., Fujito, Y., Kiuchi, A., Soma, M., Kashiwagi, Y., Funato, K
2. 発表標題 Influence of overweight on static foot anthropometry and planter pressure distributions during normal gait in Japanese elementary school children
3. 学会等名 24th Annual Congress of the European College of Sport Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------